

сужения области поиска при разработке оптимальной промышленно применимой технологии гидрофобизации.

#### Список использованных источников

1. Самсонова, Н. А. Оценка перспективности применения супергидрофобных поверхностей теплообмена в конденсаторах паровых турбин / Н. А. Самсонова // VII Всероссийский фестиваль науки: сборник докладов; в 2 т. Н. Новгород : ННГАСУ, 2017. – Т. 1.
2. ГОСТ 28679-90 Подогреватели пароводяные систем теплоснабжения. Общие технические условия. М. : Стандартинформ, 2005. 11 с. : ил.
3. Аронсон, К. Э. Теплообменники энергетических установок: Учебное электронное издание / К. Э. Аронсон, С. Н. Блинков, В. И. Брезгин [и др.]. Екатеринбург: УрФУ, 2015. [Электронный ресурс]. URL: <https://openedu.urfu.ru/files/book/> (дата обращения 20.11.2017)
4. Исаченко, В. П. Теплообмен при конденсации / В. П. Исаченко. М. : Энергия, 1977. 240 с. : ил.

УДК 621.313

## **ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ИЗНОСА ЩЕТОК В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИНАХ**

## **THE APPLICATION OF NANOTECHNOLOGY TO REDUCE THE BRUSH WEAR IN ELECTRICAL MASHINES**

Соболев Д. В., Изотов А. И., Леготин А. Б., Тимина Н. В.

Вятский государственный университет, г. Киров

[izotov@vyatsu.ru](mailto:izotov@vyatsu.ru)

Sobolev D. V., Izotov A. I., Legotin A. B., Timina N. V.

Vyatka state University, Kirov

**Аннотация:** В статье рассматривается возможность применения смазывающей щетки на основе дисульфида молибдена, которая позволяет снизить износ электрических щеток и контактных колец, а также повысить стабильность работы электрического контакта.

**Abstract:** The article discusses the possibility of applying a lubricating brushes on the basis of molybdenum disulfide, which reduces the amount of wear of electrical brushes and slip rings, and to improve the stability of electrical contact.

**Ключевые слова:** электрические щетки; коллектор; контактное кольцо; электрические машины; дисульфид молибдена; смазывающая щетка; износ; искрение.

**Key words:** electric brushes; collector; contact ring; electric machines; molybdenum disulphide; lubricating brush; wear; sparking.

В промышленности и сельском хозяйстве широкое распространение нашли узлы скользящего токосъема (УСТ), состоящие из вращающихся контактных поверхностей и скользящих по ним электрических щеток (ЭЩ). Узлы используются в турбогенераторах, на железнодорожном транспорте (электровозы, электроподвижной состав метрополитена, электропоезда постоянного и переменного тока), в электрическом приводе ручного инструмента, электрических двигателях авиационного исполнения и в других случаях.

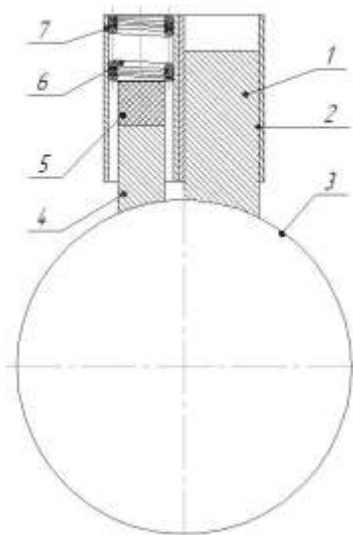
Долговечность работы коллекторных машин постоянного и переменного тока в большинстве случаев определяется временем безотказной работы щеточно-коллекторного узла, которое в значительной степени зависит от скорости износа контактных пар. Проблемы в узле скользящего токосъема также связаны с условиями его эксплуатации: климат, состав атмосферы и т. д., что в значительной степени также снижают их ресурс.

Кафедрой ЭМА ВятГУ предложено решение этой проблемы за счет нанесения на поверхность коллектора, контактного кольца (КК) смазочного наноразмерного покрытия, позволяющего улучшить характеристики контактных пар трения (электрическая щетка и металлический коллектор или кольцо) за счет снижения их износов, а также повышения стабильности работы электрического контакта. Повышение стабильности электрического контакта в коллекторных машинах переменного тока проявляется в снижении уровня

радиопомех по мощности и напряжению, при одновременном снижении износа ЭЩ и коллекторов [1].

Предлагаемый способ реализуется за счет установки на коллектор смазывающих нетокопроводящих щеток, выполненных на основе дисульфида молибдена (ДМ), при этом на две электрические щетки устанавливается одна смазывающая щетка (СЩ) (рисунок).

Дополнительная смазывающая щетка, изготовленная на основе дисульфида молибдена, наносит на коллектор смазывающий слой, уменьшающий коэффициент трения пары ЭЩ – КК или коллектор. Уменьшение износа щеток тем эффективнее, чем тверже материал коллектора.



Способ установки смазывающей щетки, изготовленной на основе дисульфида молибдена

1 – токоведущая щетка, 2 – щеткодержатель токоведущей щетки, 3 – коллектор, 4 – смазывающая щетка, 5 – несущая часть смазывающей щетки, 6 – пружина смазывающей щетки, 7 – щеткодержатель смазывающей щетки

Данное техническое решение защищено авторскими свидетельствами и патентом. Разработана промышленная технология изготовления смазывающих щеток, а также утверждены технические условия на поставку.

Применение смазывающей щетки в коллекторных двигателях авиационного исполнения мощностью 40; 60 Вт позволило снизить износы штатных щеток при различных климатических условиях от 5 ( $t = 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $p = 15\text{ мм рт. ст.}$ ) до 7 раз ( $t = -60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $p = 15\text{ мм рт. ст.}$ ) [2].

Инновационное решение, применительно к КК скользящего узла турбогенераторов, приводит к повышению его эксплуатационной надежности за счет снижения неравномерности распределения тока по параллельно работающим ЭЩ, снижению температуры КК, уменьшению износа щеток более чем в 3 раза.

Предлагаемая инновационная разработка имеет преимущества по сравнению с существующей технологией введения в состав щеточной массы дисульфида молибдена:

1) Щетка из дисульфида молибдена имеет низкую степень износа в процессе эксплуатации и может использоваться практически до полного истирания в отличие от ЭЩ, в составе которой имеется ДМ, где износ ограничивается высотой заделки токоведущего канатика.

2) Инновационная технология позволяет использовать ДМ с широким диапазоном дисперсности 1–140 мкм. Кроме того, за счет изменения давления на СЩ можно получить на коллекторе (КК) оптимальную по толщине смазывающую нанопленку, обеспечивающую минимальный износ токовых щеток.

3) Инновационное решение позволяет улучшать износные характеристики любых существующих ЭЩ, без изменения технологии их производства.

4) При использовании технологии непосредственного внедрения ДМ в щеточную массу, при искрении под сбегаящим краем токоведущей щетки от  $1\frac{1}{2}$  и выше (когда наряду с тепловым искрением появляется дуговое), ДМ имеющийся в сбегаящем крае токоведущей щетки под действием дугового искрения переходит в оксид и вызывает повышенный износ поверхности коллекторов при относительно малом износе поверхности щеток.

#### Список использованных источников:

1. Изотов А. И., Мамаев Г. А., Беспалов В. Я., Никулин С. В., Тимошенко В. Н. Улучшение характеристик электрических машин за счёт применения смазывающих щёток, выполненных на основе дисульфида молибдена // Электротехника. 2007. № 6. С. 33–39.

2. Изотов А. И., Мамаев Г. А., Беспалов В. Я., Фоминых А. А., Новиков Л. И., Никулин С. В., Изотов С. А. Применение смазывающих щеток для снижения износа элементов узлов скользящего токосъема в электрических машинах // Электричество. 2015. № 3. С. 53–57.

УДК 621.313

## **РАБОТА УЗЛОВ ТОКОСЪЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПРИ ОТСУТСТВИИ ТОКОВОЙ НАГРУЗКИ**

## **THE FEATURES OF NODES MOVING CURRENT COLLECTION OF ELECTRICAL MACHINES UNDER NO-LOAD UNDER CURRENT**

Соболев Д. В., Фоминых А. А., Тимина Н. В., Гусев А. С.,  
Бессолицын А.В.

Вятский государственный университет, г. Киров,  
aa\_fominyh@vyatsu.ru

Sobolev D. V., Fominykh A. A., Timina N. V., Gusev A. S.,  
Bessolitsyn A. V.  
Vyatka state University, Kirov

**Аннотация:** рассмотрена работа узлов скользящего токосъема электрических машин для случая, когда на электрических щетках отсутствуют рабочие токи. Представлены результаты исследований.

**Abstract:** the article describes the work units moving current collector electric machines for the case when the electric brushes are no operating currents. The results of studies evaluating the impact of material slip rings for wear regular electric brushes.

**Ключевые слова:** узел скользящего токосъема, электрическая щетка, контактное кольцо, смазывающая щетка, износ.